

## DISEÑO DE ANTENAS EN GUÍA RADIAL RANURADA

Manuel Sierra Pérez, María Vera Isasa(\*), Manuel Sierra Castañer

Grupo de Radiación. SSR.

E.T.S.I. Telecomunicación

UPM 28040 Madrid

Tel: +91 5432002 Fax: +91 3367360

e-mail: manolo@gr.ssr.upm.es

(\*) Teoría de la Señal y Comunica. DTC

E.T.S.I. Telecomunicación de Vigo

Campus Universitario, 36200 Vigo

Tel: +986 812117 Fax: +986 812116

e-mail: mirentxu@tsc.uvigo.es

### ABSTRACT

This paper shows a design procedure of DBS antennas based on narrow slots coupled to a radial-line. A multiport network model that includes the mutual coupling between slots has been estimated from a transmission line model based on the fundamental TEM mode and far field approach. Once the circuit parameters are known, the antenna analysis can be reduced to a multiport network analysis and conventional array analysis. The analysis model has been validated with measurements and the results have allowed to improve the antenna design.

### 1. INTRODUCCIÓN

Las antenas basadas en una guía radial ranurada se emplean actualmente en recepción de TV (DBS) [1] y comunicaciones móviles [2]. La estructura de estas antenas consiste en una guía radial formada por dos placas paralelas. Un coaxial que genera el modo fundamental TEM en la guía excita las ranuras (elementos radiantes) dispuestas en la placa superior de la misma. Esta sencilla filosofía de alimentación permite el agrupamiento de un elevado número de elementos radiantes y, por lo tanto, la obtención de una elevada ganancia con un bajo coste de fabricación.

Como variables de diseño se toman normalmente la longitud y orientación de las ranuras, además de la posición relativa de cada una de ellas con la sonda de alimentación[3].

### 2. ANÁLISIS

La disposición geométrica de las ranuras sobre la placa superior, su orientación y su longitud determinan la polarización del campo radiado y el diagrama de la antena. El análisis de un determinado agrupamiento debe tener en cuenta la disposición relativa entre los elementos si estos son considerados dos a dos para incluir el acoplamiento mutuo entre ellos.

Con el objeto de analizar la estructura completa de la antena, teniendo en cuenta los acoplamientos mutuos mencionados, se ha dividido el problema en dos regiones: la exterior o zona de radiación y la interior o de alimentación; se ha planteado un modelo circuital equivalente para cada una de ellas y se han obtenido los parámetros circuitales correspondientes.

### 3. MULTIPOLO EQUIVALENTE

#### 3.1. Definición de la red

Consideramos el conjunto de la antena como una red de "n" puertos en las que las "m" primeras corresponden a sondas verticales y las n-m restantes corresponden a ranuras. Normalmente solo una o unas pocas sondas verticales corresponden a los terminales de entrada a la antena. Algunas de las sondas permitirán simular cortocircuitos finales en la antena. El conjunto así formado puede representarse como se indica en la figura 1, donde los terminales que representan las ranuras están conectados a una segunda red que representa los acoplos entre los elementos radiantes a través del campo de radiación.

Con el fin de poder estimar fácilmente los parámetros del multipolo, trabajaremos con una matriz híbrida [H] definida entre las tensiones y corrientes de la forma siguiente:

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_m \\ i_{m+1} \\ \vdots \\ i_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{1,1} & \dots & h_{1,m} & h_{1,m+1} & \dots & h_{1,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{m,1} & \dots & h_{m,m} & h_{m,m+1} & \dots & h_{m,n} \\ h_{m+1,1} & \dots & h_{m+1,m} & h_{m+1,m+1} & \dots & h_{m+1,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{n,1} & \dots & h_{n,m} & h_{n,m+1} & \dots & h_{n,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ \vdots \\ i_m \\ v_{m+1} \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}$$

Esta forma de definir los parámetros de la red, supone que el coeficiente de acoplamiento entre cada dos terminales se calcula para todas las ranuras cortocircuitadas y todas las sondas coaxiales en circuito abierto. En esas condiciones se puede admitir que la guía radial funciona como si no tuviera obstáculos y por tanto como si los dos elementos acoplados estuvieran solos en la guía.



En cuanto al multipolo correspondiente a los acoplos en el campo de radiación, se definirá como una matriz de admitancia [Y].

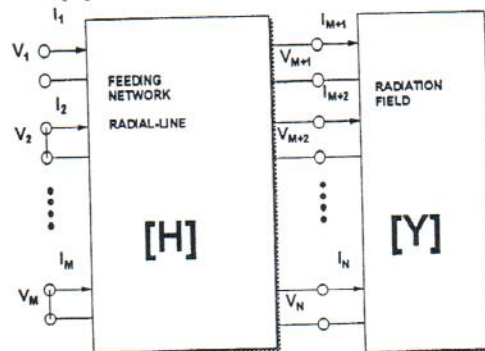


Figura 1. Multipolo equivalente de la antena.

### 3.2. Obtención de los parámetros

Para obtener los coeficientes de las mencionadas matrices, se ha asumido una distribución de corriente sinusoidal a lo largo de la sonda. Por otro lado, si la ranura es estrecha ( $w \ll \lambda$ ) el campo eléctrico en la ranura se puede poner como el correspondiente a una línea resonante, con lo que queda de la forma:

$$\bar{E} = \hat{y}_i E_0 \cos\left(\pi \frac{x_i}{L_i}\right) \quad \bar{H}_t = -\hat{x}_i H_{0x} \cos\left(\pi \frac{x_i}{L_i}\right)$$

siendo  $x$  la dirección del eje longitudinal de la ranura, y la transversal y  $L_i$  la longitud de la ranura.

Si consideramos la ranura como un par de terminales de la estructura de la guía, debemos definir la corriente y la tensión en función de las características del campo. El criterio más sencillo consiste en admitir que la tensión en los terminales es igual a la circulación del campo eléctrico en el centro de la ranura, y que la corriente se define en términos de potencia absoluta saliente de la ranura.

$$v = \int_0^W E_y(0, y) dy = E_0 W \quad i = - \int_{-L/2}^{L/2} H_x(x, 0) \cos\left(\pi \frac{x}{L}\right) dx = \frac{1}{2} H_{0x} L \quad (1)$$

Con todo ello, el parámetro de acoplo entre sondas coaxiales se puede obtener directamente de la expresión del campo radiado y de la condición de reciprocidad. El coeficiente de acoplo sonda-ranura corresponde a la relación entre la corriente inducida en la ranura y la corriente de entrada en la sonda, es un coeficiente sin dimensiones y se puede obtener aplicando la condición (1) al campo magnético radiado por la sonda. De la misma forma se puede obtener el coeficiente de acoplo entre ranuras a través de la guía; partiendo de la expresión del campo creado en la guía por una ranura y aplicando las ecuaciones de definición de tensión y corriente equivalente en la ranura, la única diferencia es que ahora el elemento excitador es una tensión y el parámetro que buscamos posee dimensiones de admitancia. Los elementos de la matriz de admitancia que simula los acoplos en el campo de radiación, se definen como la relación entre la corriente inducida en un par de terminales y la tensión de excitación en otro, con el resto de los terminales o ranuras en cortocircuito.

### 4. AJUSTE Y VALIDACIÓN DEL MODELO

Este modelo ha sido validado y ajustado mediante el análisis de dos ranuras por el método de los momentos. La comparación entre ambos puede encontrarse en [4]. Cabe destacar que la resonancia en una ranura se aprecia considerablemente en las próximas a ella, lo que significa un fuerte acoplamiento entre ambas y que, para distancias pequeñas entre ranuras, los dos métodos de análisis divergen. Por lo demás, el ajuste entre ambos es muy bueno.

Para la validación del modelo de análisis con medidas se construyeron cuatro prototipos con el mismo número y posición de las ranuras, variando sólo la longitud. En la figura 2 se presenta la forma de variación de la ganancia de antena en función de la frecuencia y tomando la longitud de las ranuras como parámetro. En forma de puntos se presenta la ganancia medida y en línea continua se presenta la ganancia estimada numéricamente a partir del campo en las ranuras.



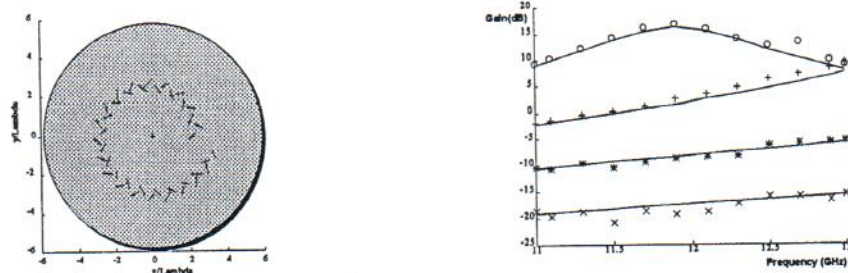


Figura 2 Esquema de las antenas medidas y ganancia.

## 5. DISEÑO

El proceso de análisis descrito permite conocer el funcionamiento de una determinada estructura, pero no permite realizar un primer diseño de una antena de ranuras donde la posición, orientación y longitud de las ranuras supone un número inmenso de parámetros libres de diseño.

Con el fin de tener un primer diseño susceptible de optimización, se ha planteado un diseño clásico de antena de onda progresiva de ranuras con la única salvedad de que la guía radial impone ya una variación del campo en el modo TEM que disminuye como la raíz de la distancia a la sonda de excitación. En la aplicación para receptores DBS se ha planteado una antena circular con una sonda coaxial única situada aproximadamente en el centro de la antena. Las ranuras se disponen en grupos de dos, aproximadamente perpendiculares entre sí y situadas a una distancia de la sonda tal que sus campos de radiación estén en cuadratura. Si además imponemos que formen con la dirección radial un ángulo de  $45^\circ$ , la posición de las ranuras se distribuye a lo largo de una curva espiral que rodea la sonda, como se muestra en la figura 3.

El cálculo de la longitud se realiza en función del campo estimado en el interior de la guía y del campo deseado en la apertura, de forma que al reducirse el campo en la guía conforme nos alejamos de la sonda excitadora, la ranura ha de hacerse más y más próxima a la longitud de resonancia, para la cual su acoplamiento a la guía es máximo.

La guía se termina con un cortocircuito aproximadamente a un cuarto de longitud de onda de las ranuras más exteriores, tendiendo a reforzar el campo de acoplamiento en estas últimas. En la figura 3 se presenta un esquema de la antena y en la figura 4 el diagrama medido para las componentes copolar y contrapolar del campo.

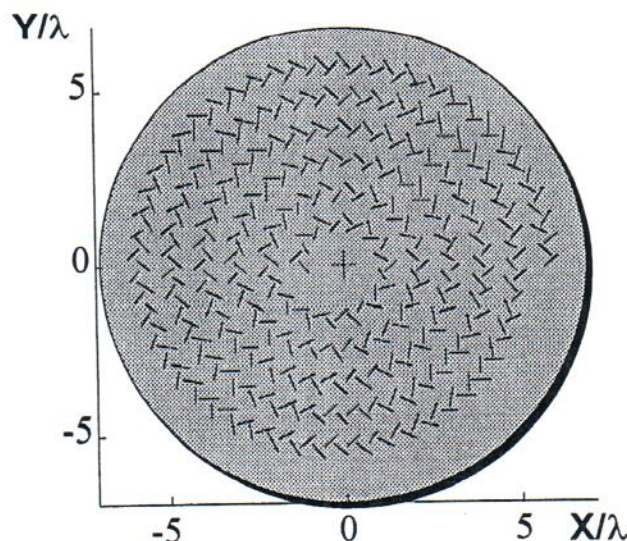


Figura 3 Esquema de la antena completa.



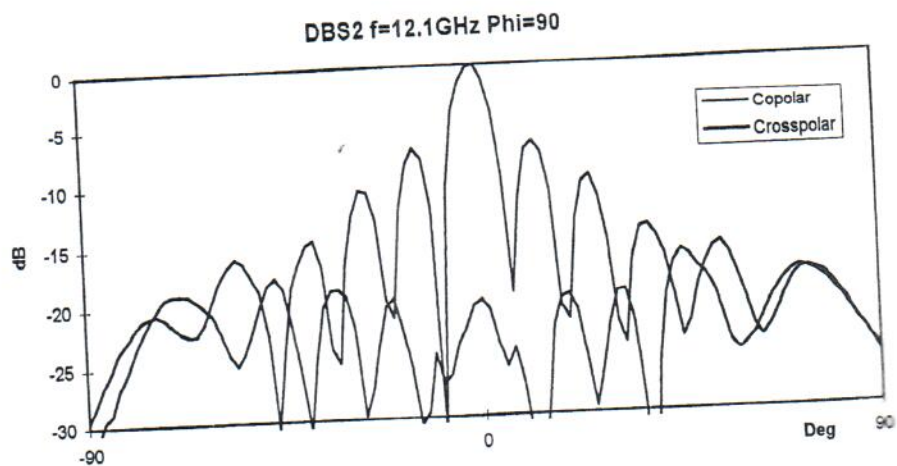


Figura 4. Diagrama de radiación medido.

## 6. CONCLUSIONES

Este modelo permite el análisis rápido de agrupamientos formados por un elevado número de ranuras; así como un diseño preciso de este tipo de antenas, incluyendo los acoplamientos mutuos. Ha sido validado y ajustado mediante el análisis de dos ranuras por el método de los momentos y mediante medidas para una estructura más compleja. Los resultados obtenidos hasta ahora para antenas con polarización plana permiten una evaluación a priori de parámetros como nivel de lóbulos, diagrama contrapolar o ganancia, lo que es de gran ayuda en la optimización de un diseño. Aunque el proceso de análisis ha sido aplicado a antenas con polarización circular, se puede aplicar sin modificaciones a cualquier otro tipo de polarización.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Ando M., "New DBS Receiver Antennas", 23rd European Microwave Conference, pp. 14-17, Madrid, September, 1993.
- [2] Takada J., Tanisho A., Ito K., Ando M., "Circularly polarized conical beam radial line antenna", Electronics Letters, vol. 30, n°21, pp.1729-1730, October 1994.
- [3] M. Sierra, M. Vera, J. Redoli, A.G. Pino, "Antena Plana de Guía Radial para Recepción de Señal Directa por Satélite", Actas del IX URSI, vol. 1, pp. 247-251, Las Palmas de Gran Canaria, Septiembre, 1994.
- [4] M. Vera, A.G. Pino, M. Sierra, "Análisis de ranuras sobre guía radial", Actas del X URSI, Valladolid, Septiembre, 1995.